

(19)日本国特許庁（J P）

(12) 公 開 特 許 公 報 （A）

(11)特許出願公開番号

特開平10－252680

(43)公開日 平成10年(1998) 9 月22日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

F 0 4 D 15/00

F 0 4 D 15/00

H

K

審査請求 未請求 請求項の数4 F D （全 6 頁）

(21)出願番号 特願平9－81919

(22)出願日 平成9年(1997) 3 月14日

(71)出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72)発明者 良 昭寛

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社  
荏原製作所内

(72)発明者 藤野 耕

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社  
荏原製作所内

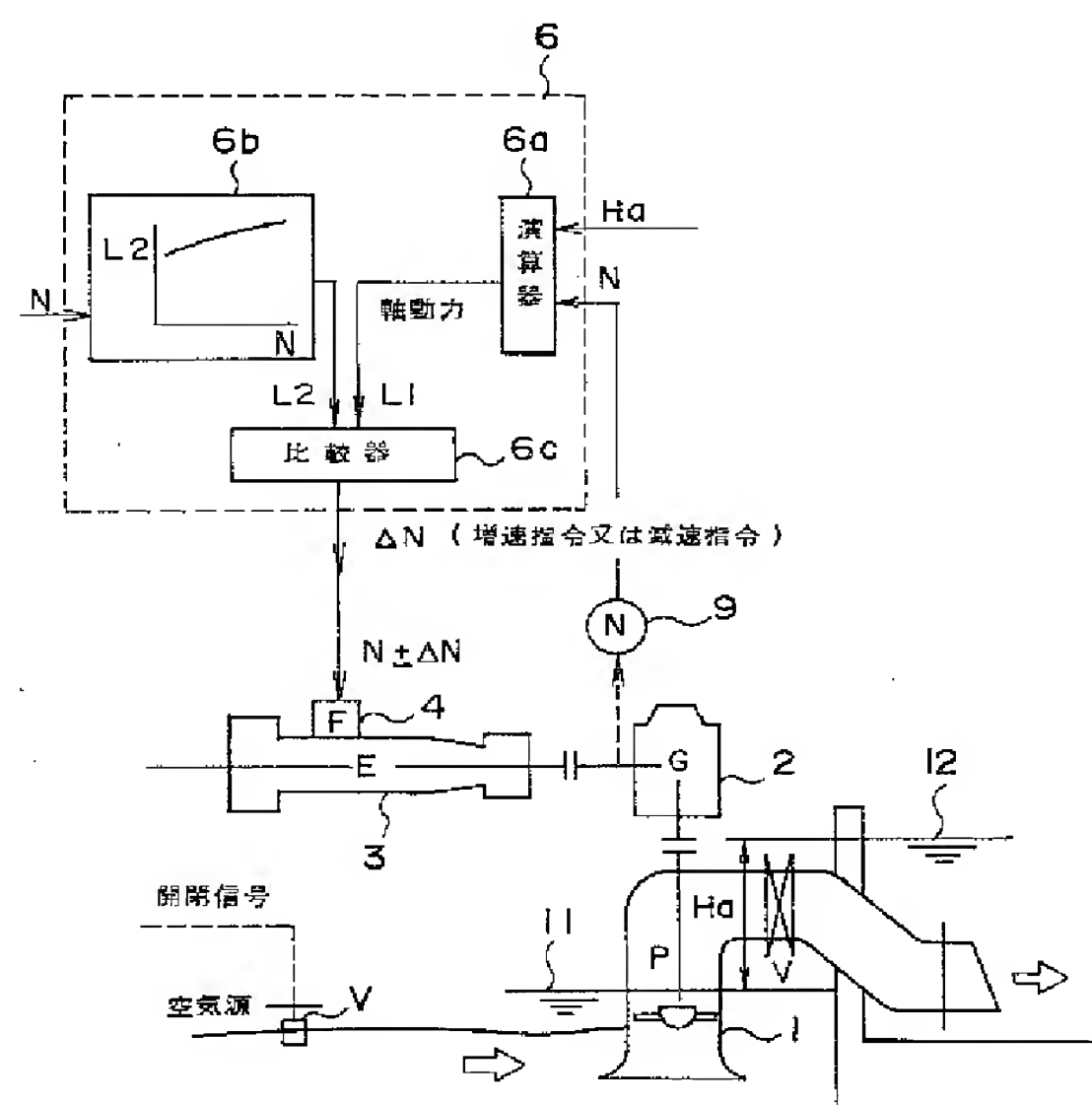
(74)代理人 弁理士 渡邊 勇 （外2名）

(54)【発明の名称】 ポンプの運転制御装置

(57)【要約】

【課題】 ポンプおよび駆動原動機が本来有する能力をフルに活用することで、排水能力、揚水能力等の向上を図ることができ、更に同じ能力ならばポンプ及び駆動原動機を小形・省スペース化できるポンプの運転制御装置を提供する。

【解決手段】 原動機3により駆動されるターボ形ポンプ1と、原動機の回転数とその回転数における最大出力の関係をあらかじめ設定したテーブル6bと、ポンプ回転数と揚程の検出手段と、検出されたポンプ回転数9と揚程とからポンプの軸動力を算出する手段6aと、算出された軸動力が原動機の最大出力となる最大の回転数で運転するように回転数を調整する制御装置6を備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ターボ形ポンプの運転制御装置において、駆動原動機の回転数とその回転数における最大出力の関係をあらかじめ設定したテーブルと、ポンプ回転数と揚程の検出手段と、該検出されたポンプ回転数と揚程とから該ポンプの軸動力を算出する手段と、該算出された軸動力が前記原動機の最大出力となるように回転数を調整する制御装置とを備えたことを特徴とするポンプの運転制御装置。

【請求項2】 前記運転制御装置は、動力伝達軸の軸系のねじり振動又は危険速度の回転数の範囲を飛び越して回転数を制御することを特徴とする請求項1に記載のポンプの運転制御装置。

【請求項3】 前記運転制御装置は、前記ポンプが、有害な程度のキャビテーションを起こさない範囲の最大回転数又はそれ以下の回転数で運転するように、回転数を制御することを特徴とする請求項1に記載のポンプの運転制御装置。

【請求項4】 ポンプが有害な程度のキャビテーションを発生する回転数迄増速する場合に、前記ポンプの吸込側に空気を注入して、キャビテーションによる振動、騒音を緩和し増速運転を行うことを特徴とする請求項1に記載のポンプの運転制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はポンプの運転制御装置に係り、特にその利用可能な原動機出力をフルに発揮させることができるポンプの運転制御装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】ポンプ等のターボ機械の出力を調整するため、その原動機の回転数を変化させる技術が広く採用されている。従来の回転数制御によるターボ機械の出力の調整法では、ターボ機械の発生する揚程（圧力）あるいは吐出量はその需要に適合するように、その回転数を変化させて特性を調整している。すなわち自動制御では、需要側の吐出圧力、吐出量等の検出量とそれらに対応する設定値とを比較して、回転数をフィードバック制御することが行われている。

【0003】たとえば、内燃機関等により駆動されるターボ形流体機械の特性を変化させるため、燃料噴射量の調整を調速機で行い、回転数を調整する方法が実用されている。回転数を設定するには、所要吐出圧力や吐出量に応じ調速機に手動あるいは自動の信号を与えて行っている。しかしながら、排水ポンプ等に要求されるように、運転状態に応じ、ポンプ／原動機の能力を最大に発揮させる方法は、ポンプに可動羽根を用いた定速軸動力制御の他には、特に知られていない。尚、可動羽根を用いる場合には、羽根の角度の調整機構が複雑となる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】周知のように高比速度ターボ形流体機械では、定速運転を行うと運転揚程の減少、吐出量の増大と共に、その所要動力は減少し、特に定格吐出量以上において運転揚程の減少と共に所要動力は減少する。すなわち、この領域では原動機容量に対し余裕が増大し、原動機の能力が十分に発揮されていない。またこれらの流体機械では、定格吐出量以下では所要動力が増大するため、この領域での運転が予想される場合には、原動機の過負荷を避けるため、その定格出力に十分な余裕を与える必要がある。

【0005】一方、低比速度ターボ形流体機械では、定速運転を行うと、運転揚程の増大と共に吐出量は減少し、その所要動力も減少する。すなわちこの領域では原動機容量に対し余裕が増大し、原動機の能力が十分に発揮されていない。またこれらの流体機械では、定格吐出量以上となると所要動力が増大するため、原動機の定格出力に余裕を与える必要がある。

【0006】係る問題点は、回転軸トルクを一定に保持するように回転数を制御することで、理論的には解決可能である。しかしながら、原動機の回転数と最大出力の関係は、一般に回転数の増加に伴ない出力は大きくなるが、その関係はトルク一定とは限らず、原動機固有の特性を持っている。

【0007】本発明は係る従来技術の問題点に鑑みて為されたもので、ポンプ及び駆動原動機が本来有する能力をフルに活用することで、排水能力、揚水能力等の向上を図ることができ、更に同じ能力ならばポンプ及び駆動原動機を小形・省スペース化できるポンプの運転制御装置を提供することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明のポンプの運転制御装置は、駆動原動機の回転数とその回転数における最大出力の関係をあらかじめ設定したテーブルと、ポンプ回転数と揚程の検出手段と、該検出されたポンプ回転数と揚程とから該ポンプの軸動力を算出する手段と、該算出された軸動力が前記原動機の最大出力となるように回転数を調整する制御装置とを備えたことを特徴とする。

【0009】前記本発明の構成によれば、例えば大容量高比速度の排水ポンプ等において、低揚程・高流量で運転するに際して、原動機の出力を各回転数における最大出力の範囲内で増速することにより、ポンプ及び駆動原動機の有する本来の能力をフルに活用することができ、排水量を定格速度運転に対して増大させることができる。

【0010】また、前記制御装置は、動力伝達軸の軸系のねじり振動又は危険速度の回転数の範囲を飛び越して回転数を制御することを特徴とする。

【0011】また、前記制御装置は、前記ポンプが、有害な程度のキャビテーションを起こさない範囲の最大回転数又はそれ以下の回転数で運転するように、回転数を

制御することを特徴とする。

【 0 0 1 2 】また、前記制御装置は、ポンプが有害な程度のキャビテーションを発生する回転数迄増速する場合に、前記ポンプの吸込側に空気を注入して、キャビテーションによる振動、騒音を緩和し増速運転を行うことを特徴とする。

【 0 0 1 3 】前記本発明の構成によれば、ポンプを駆動原動機の出力最大になるように可変速運転しても、軸振動、危険速度、キャビテーションの問題等を回避することができる。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について添付図面を参照しながら説明する。

【 0 0 1 5 】図 1 は、本発明の一実施形態の原動機駆動ポンプの運転制御装置を、ターボ形排水ポンプに適用した場合の基本的構成を示す説明図である。排水ポンプ 1 は、比較的大流量、低揚程に使用される軸流あるいは斜流ポンプのようなターボ型の高比速度ポンプである。ポンプ 1 は、減速機 2 を介して原動機 3 により駆動される。ここで原動機 3 は、ディーゼルエンジン等の内燃機関、又はガスタービン等である。原動機 3 はその回転数を調整する調速機 4 を備えている。

【 0 0 1 6 】ポンプ 1 の吐出側の外水位 1 2 と吸込側の内水位 1 1 との差である実揚程 ( H a ) は、図示しない水位計により計測される。尚、ポンプ吸込側及び吐出側のゲージ圧より直接ポンプ全揚程を求めてもよい。回転数検出器 9 は、原動機 3 の回転軸の回転数を検出し、電気的な信号として出力する検出手段である。

【 0 0 1 7 】制御装置 6 では、演算器 6 a を備え、原動機回転数より換算したポンプ回転数、あらかじめ設定されたポンプ特性のテーブル、内外水位差より、ポンプの吐出量、全揚程、効率を求め、次の関係式を用いて、ポンプ軸動力 L 1 を算出する。

$$L 1 = K \cdot H \cdot Q / ( \eta_P \eta_G )$$

但し、

L 1 : 軸動力

K : 定数

Q : 流量

H : 全揚程

$\eta_P$  : ポンプ効率

$\eta_G$  : 減速器効率

【 0 0 1 8 】一方で、制御装置 6 にはあらかじめ設定されている各回転数における原動機の最大出力の関係を示すテーブル 6 b を備えている。各回転数における最大出力 L 2 は原動機によって固有の値となる。従って、回転数検出器 9 によって検出された回転数 N をテーブル 6 b に入力することによって、その回転数における最大出力 L 2 を求めることができる。

【 0 0 1 9 】更に、制御装置 6 には演算器 6 a の出力 L 1 とテーブル 6 b の出力 L 2 との大小関係を比較する比

較器 6 c を備えている。これは、回転数 N と実揚程 H a で運転している実際の軸動力 L 1 と、原動機の回転数 N における最大出力 L 2 とを比較して、

$$L 1 < L 2 \quad + \Delta N \text{ (増速指令)}$$

$$L 1 > L 2 \quad - \Delta N \text{ (減速指令)}$$

を出力する。即ち、実際の軸動力 L 1 が原動機の最大出力 L 2 よりも小さい時には、原動機の出力に余裕があるので増速し、その結果、実際の軸動力 L 1 が原動機の最大出力 L 2 に近づいた場合には、原動機の増速速度を遅くし、L 1 と L 2 が同じ程度になったならば増速を停止する指令を出力する。反対に L 1 が L 2 より大きい場合は、減速し L 1 と L 2 が同じ程度になったならば減速を停止する指令を出力する。

【 0 0 2 0 】次にこの動作について説明する。制御装置 6 には、図示しない水位計からポンプの実揚程 H a の信号が入力され、実際のポンプの回転数に対応した回転数検出器 9 からの信号 N が入力される。制御装置 6 では前述したようにこれらの信号 H a 、 N に基づいて現在運転している回転速度 N における原動機の最大出力に余裕があれば、増速する偏差  $\Delta N$  を出力し、最大出力を越えている場合には減速する偏差  $- \Delta N$  を出力する。比較された結果の増速指令又は減速指令は調速機 4 に入力され、調速機 4 は偏差  $\Delta N$  (又は  $- \Delta N$ ) に応じて燃料供給量を調整し、原動機 3 の速度を増減する。

【 0 0 2 1 】従って、内水位 1 1 が上昇し、実揚程 H a が減少すると、演算器 6 a からの軸動力 L 1 が減少して比較器 6 c で増速指令  $\Delta N$  が出力され、調速機 4 で燃料の供給量を増加し、原動機 3 の回転数をその最大出力の運転状態に落ち着く迄増加する。逆に、内水位 1 1 、外水位 1 2 の水位差が増大し、ポンプの実揚程 H a が増大すると、軸動力 L 1 が減少して、回転数を低減する指令  $- \Delta N$  が出力される。従って、調速機 4 は燃料噴射量を減少して、原動機の回転速度が低下して、低下した回転数における原動機の最大出力の運転状態に落ち着く。このようにして、制御装置 6 により、常にポンプ 1 は実揚程 H a の変動に伴い回転数 N が変化しても、原動機 3 のそれぞれの回転数での最大出力の状態で作動される。

【 0 0 2 2 】ところで、上述のようにポンプ回転数を可変にして運転すると、動力伝達軸系の固有振動数と一致する危険速度又はねじり振動などの連続運転に不都合な回転数帯に入ってしまう場合がある。このような問題を避けるために、制御装置 6 は、不都合な回転数帯を飛び越して可変速運転を行っている。

【 0 0 2 3 】即ち、増速指令の回転数  $N + \Delta N$  が飛越し回転数帯に入るか否かを判定する。飛越し回転数帯に入る場合 ( Y E S ) には、飛越し後の回転数  $N + J$

を設定し、この回転数により演算器 6 a から軸動力 L 1 ' を、テーブル 6 b から最高出力 L 2 ' をそれぞれ算出して比較する。比較の結果、



$L1' < L2'$

であれば、飛越した後の増速を更に継続する。

$L1' > L2'$

であれば、飛越す前の回転数Nで増速を停止して、運転を継続する。

【0024】また、ポンプ回転数を可変にして増速運転すると、ポンプの吸込み性能が悪くなりポンプにとって有害な程度のキャビテーションが発生する場合がある。キャビテーションとは、流れる液体中で気化により空洞(cavity)を生じる現象で、ポンプ羽根車入口部で局部的に静圧が揚液の飽和蒸気圧まで下がって、蒸気の細かい気泡が多数発生する現象である。キャビテーションが生じると羽根車やケーシングの損傷、振動、騒音の発生等の問題が生じる。

【0025】しかしながら、キャビテーションはポンプの運転点、回転数、吸込圧力等の条件に依存して発生し、キャビテーションが発生する限界の回転数は運転状態によりそれぞれ異なる。このため、回転数を上昇させるに際しては、キャビテーションを起さない範囲の最大回転数以内に制御する必要がある。

【0026】このため、ポンプ回転数、あらかじめ設定されたポンプ特性のテーブル、内外水位差からポンプの運転点を算出し、ポンプの運転点毎にあらかじめテーブルに設定されているS値を求め

$$S = N \cdot Q^{1/2} / (NPSH_{req})^{3/4}$$

の式に当てはめ、必要有効吸込水頭 $NPSH_{req}$ を算出する。一方で、吸込水位から

$$(NPSH_{av}) = H_a - H_v + h_s - h_l$$

をもちいて、有効吸込水頭 $NPSH_{av}$ を算出する。但し、

$H_a$  : 大気圧 (m)

$H_v$  : 揚水の飽和蒸気圧力 (m)

$h_s$  : 吸込実揚程 (m)

$h_l$  : 吸込管の損失水頭 (m)

この際、飽和蒸気圧 $H_v$ 、吸込管損失 $h_l$ は、便宜上定数又は関数で設定すると便利である。

【0027】そして、 $NPSH_{req}$ が $NPSH_{av}$ を上回らない範囲で回転数を制御する。即ち、増速指令により増速する際には、図2に示すように、現在の回転数Nで $NPSH_{req}$ を算出し、これを $NPSH_{av}$ と比較する。 $NPSH_{req}$ が $NPSH_{av}$ と等しくなると、そこで増速を停止する。 $NPSH_{req}$ が $NPSH_{av}$ より大きくなると、減速する。これにより、ポンプに有害な程度のキャビテーションが発生しない範囲で運転することができる。

【0028】また、図1に示すように、 $NPSH_{req}$ が $NPSH_{av}$ と同じ程度になった時に、弁Vを開いて

適正の空気量をポンプの吸込側に注入することで、キャビテーションによる振動、騒音を緩和して、回転数を更に上昇して、最大出力に近付けることも可能である。

【0029】尚、以上の運転制御はエンジン駆動ポンプ、タービン駆動ポンプに限らず、モータ駆動ポンプも含めてターボポンプ全般に広く適用可能である。

【0030】

【発明の効果】以上に説明したように本発明のポンプの運転制御装置によれば、負荷条件の如何にかかわらずポンプ設備の最大の能力となる回転数で運転できるので、ポンプの排水・揚水能力をフルに発揮させることができる。例えば、高比速度ポンプにおいては、定格運転条件よりも低揚程・高流量側で排水・揚水能力を格段に改善できる。

【0031】従って、既設のポンプにおいても、本発明の運転制御装置を適用することで、その排水・揚水能力を格段に改善することが可能である。また新設のポンプにあっては、様々な負荷条件でも常にポンプの最高出力で運転できるので、従来の定格出力に対するマージンを取る必要が無くなり、結果として原動機容量を小さくでき、ポンプの小容量化、小形化、省スペース化が可能となる。

【0032】更に、危険速度又はねじり振動に対して飛越し運転が可能であるので、可変速運転でも安全な運転が可能である。また、キャビテーションに対して必要有効吸込水頭を算出しつつ可変速運転することで、ポンプに有害な程度のキャビテーションを起すことなく、できるだけ最高出力に近い所で運転が可能となる。更にポンプ吸込側に空気を注入することで、更なる増速が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態の原動機駆動ポンプの説明図。

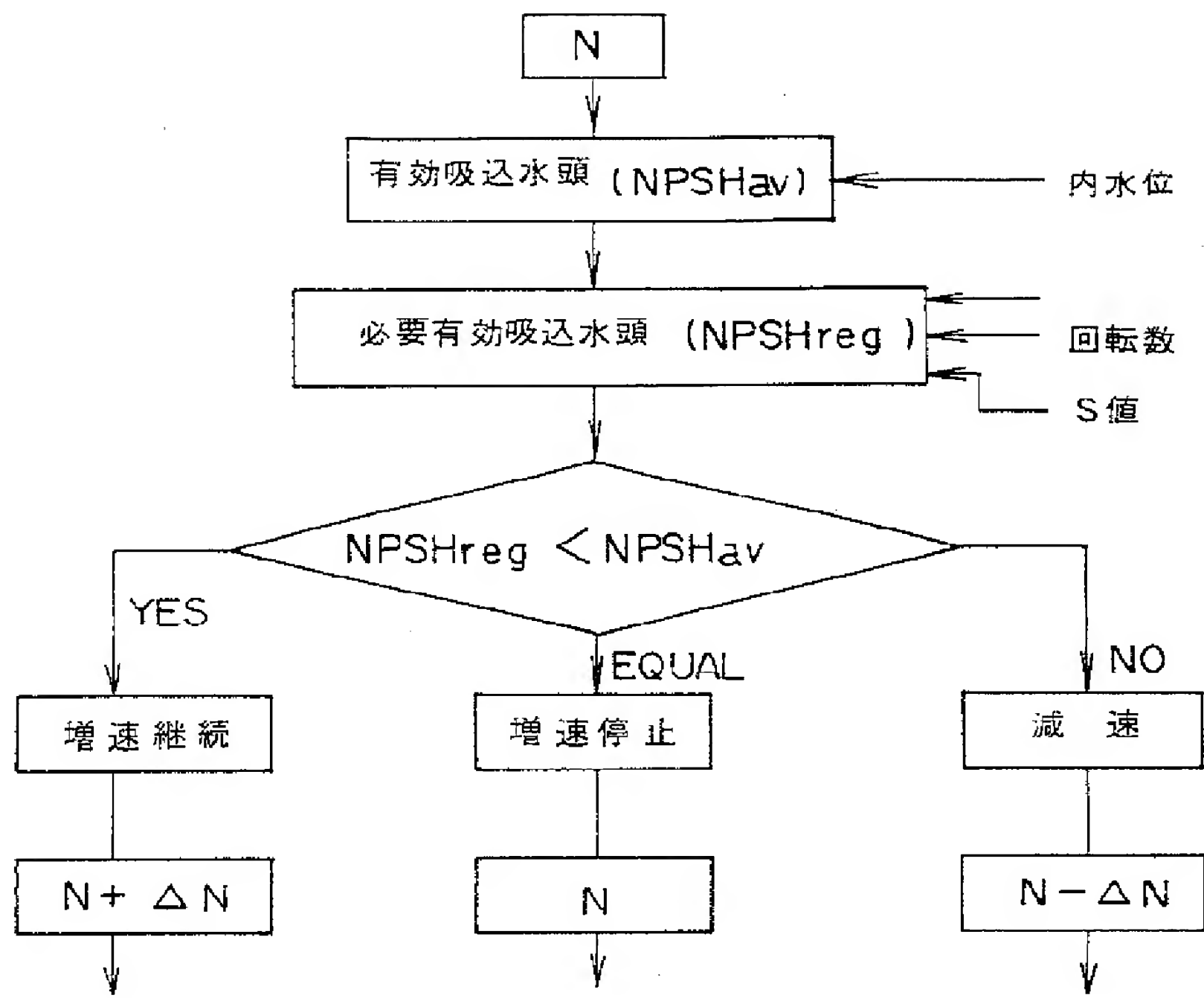
【図2】キャビテーションを避けるための運転のフロー図。

【符号の説明】

- 1 ポンプ
- 2 変速機(ギア)
- 3 原動機
- 4 調速機
- 6 制御装置
- 6a 軸動力の演算器
- 6b 最高出力のテーブル
- 6c 比較器
- 9 回転数検出器
- 11 内水位
- 12 外水位

The diagram illustrates a speed control loop for a hydraulic actuator. It includes a reference input  $N$ , a gain block  $L_2$ , a summing junction, a controller  $6c$ , and a feedback path from a tachometer  $9$ . The resulting control signal  $\Delta N$  is used to operate a solenoid valve  $F$  in a hydraulic circuit containing a cylinder  $E$  and a pump/motor assembly  $G$ .

【図2】



**PAT-NO:** JP410252680A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 10252680 A  
**TITLE:** OPERATION CONTROL DEVICE FOR  
PUMP  
**PUBN-DATE:** September 22, 1998

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
------	---------

KON, AKIHIRO	
--------------	--

FUJINO, KO	
------------	--

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
------	---------

EBARA CORP	N/A
------------	-----

**APPL-NO:** JP09081919

**APPL-DATE:** March 14, 1997

**INT-CL (IPC):** F04D015/00

**ABSTRACT:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To operate a pump at rotating speed of maximum capacity by providing a table in which the relationship between rotating speed and maximum output of a driving prime mover is set, calculating shaft power of the pump from rotating speed and a head of the pump detected by a detecting means, and adjusting the rotating speed so that the shaft power becomes maximum

output of the prime mover.

SOLUTION: An actual head  $H_a$  of a pump 1 is measured by a water level gauge, and rotating speed of a prime mover 3 is detected by a rotating speed detector 9. A control device 6 has a computing element 6a, and calculates shaft power  $L_1$  of the pump. The control device 6 has a table 6b to show the relationship of maximum output of the prime mover in preset respective rotating speeds, and can find maximum output  $L_2$  in its rotating speed by inputting rotating speed  $N$  detected by the rotating speed detector 9. The actual shaft power  $L_1$  and the maximum output  $L_2$  are compared with each other, and when the actual shaft power  $L_1$  is smaller than the maximum output  $L_2$ , speed is increased, and when it is large, the speed is reduced, and is controlled so that  $L_1$  and  $L_2$  become the same degree.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO